



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt



(10) DE 102 42 385 A1 2004.04.01

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 102 42 385.7

(51) Int Cl. 7: G01D 5/22

(22) Anmeldetag: 12.09.2002

(43) Offenlegungstag: 01.04.2004

(71) Anmelder:

Cherry GmbH, 91275 Auerbach, DE

(72) Erfinder:

Zapf, Martin, 95473 Creußen, DE; Luber, Thomas,  
92256 Hahnbach, DE

(74) Vertreter:

FROHWITTER Patent- und Rechtsanwälte, 81679  
München

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

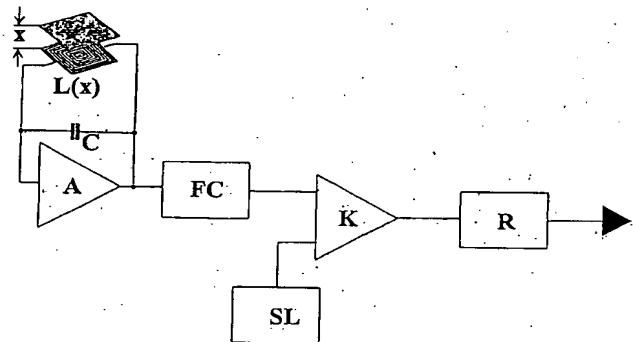
(54) Bezeichnung: Induktive Sensoreinheit

(57) Zusammenfassung: Eine induktive Sensoreinheit mit mindestens zwei Sensorspulen, die nebeneinander planar auf einer Leiterplatte aufgebracht wurden. Prinzip: Eine Änderung der Induktivität der Sensorspule durch Verlustströme im leitfähigen Betätiger korreliert mit der Position des Betäters in zweifacher Hinsicht: mit dem Abstand zur Sensorspule und der Überdeckung des Sensors (bei festem Abstand).

Weiter kennzeichnend: Auswertung der Induktivität wie bei induktiven Näherungsschaltern durch Einbau der Sensoren in einen Schwingkreis. Der Sensorkreis schwingt auf einer Resonanzfrequenz  $f_r$  bei hinreichend kleinem ohmschen Widerstand des Sensors:

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \times \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Bevorzugt wird eine relative Auswertung der Beeinflussung von benachbart liegenden Sensorspulen.



**Beschreibung**

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine induktive Sensoreinheit, die insbesondere für eine Positions-schaltvorrichtung brauchbar ist, die bei automati-schen Fahrzeugbetrieben eingesetzt wird.

**Stand der Technik**

[0002] Bekannt im Stand der Technik ist ein Weg-Winkel-Sensor, insbesondere zur Bestimmung eines eingelegten Ganges im Kraftfahrzeugbereich, gemäß der Patentschrift DE 198 06 529. Der bekannte Weg-Winkel-Sensor weist vier Meßspulen auf, die in einer X-Y-Fläche auf einem Spulenträger in einem Winkel von 90° zueinander angeordnet und an eine Auswerteelektronik angeschlossen sind. Der Sensor weist auch ein sogenanntes Target auf, das im We-sentlichen parallel zu der X-Y-Fläche relativ zu den Meßspulen bewegbar ist und dadurch in den Meß-spulen Spannungen induziert. Aus den induzierten Spannungen kann die Auswerteelektronik den zu-rückgelegten Weg in Y-Richtung und den Winkel a des Targets in einer Z-X-Fläche ermitteln. Der be-kannte Weg-Winkel-Sensor zeichnet sich dadurch aus, daß die jeweils gegenüberliegenden Meßspulen in einem Abstand zueinander angeordnet sind und die benachbarten Meßspulen sich jeweils zumindest teilweise überlagern.

[0003] In der älteren Anmeldung gemäß DE 101 25 278 wird ebenfalls die Induktionsspannung als Sensorsignal verwendet. Die bekannten Konstruktionen haben den Nachteil, daß mehrere induktiv wirkende Sensorschleifen auf den Spulenträger aufzubringen sind, wie aus der nachfolgenden Hintergrundinfor-mation ersichtlich ist.

[0004] Aus dem Automobilbereich ist der vielfache Einsatz von mechanischen Schaltern bekannt, unter anderem in Schließsystemen, Bedienelementen der Armaturen, Sitzverstellungen, Spiegelverstellungen usw. Mechanische Schalter haben den Nachteil, daß sie nicht verschleißfrei arbeiten. Ihre Lebensdauer wird einerseits begrenzt durch den Materialabtrag des Kontaktmaterials, durch Materialveränderungen (Oxidation), durch Ablagerungen auf den Schaltkon-takten in Folge mechanischer Reibung oder elektri-scher Überlastung oder eines Lichtbogens beim Ab-schaltevorgang.

[0005] Eine besondere Form mechanischer Schal-ter sind mechanische Schleifschalter. Ein verschieb-barer Kontakt läuft über eine Schleifbahn und stellt damit je nach Position einen Kontakt zu wechselnden Anschlüssen her (sogenannte Codierschalter). Im Fahrzeug auftretende Vibrationen führen bei einer derartigen Schaltkulisseneinheit zu einem erhöhten Verschleiß der Schleifkontakte und Schleifbahnen.

[0006] In modernen Fahrzeugen werden Verstell-motore heute meist über verschleißfreie Leistungs-halbleiter geschaltet, die dann allerdings wieder durch nicht verschleißfreie Schalter angesteuert wer-

den. Um das System vollständig verschleißfrei zu ge-stalten, ist die Entwicklung von neuartigen Schaltern notwendig, die ohne mechanische Schaltkontakte (also mit Sensoren) arbeiten.

[0007] Bekannt im Stand der Technik sind Hall-Sen-soren, die auf die Annäherung von Permanentmag-neten reagieren und damit eine Schaltfunktion auslö-ßen. Weiterhin bekannt ist die Verwendung von GMR-Sensoren, die auf dem Effekt einer Wider-standsänderung beruhen, die durch ein äußeres Ma-gnetfeld hervorgerufen wird. Das äußere Magnetfeld kann einem Permanentmagneten oder einem mag-netisierbaren Kunststoff entstammen und entspre-chende Schaltfunktionen veranlassen.

[0008] Weiterhin ist der Einsatz von Lichtschranken und Reflexlichtschranken bekannt, die den Nachteil haben, daß sie störlichtempfindlich sind und daß die optischen Bauteile altern und leicht verschmutzen können. Der Einsatz solcher Sensoren hat ferner den Nachteil, daß sie im Vergleich zu mechanischen Schaltern und zu induktiven Schaltern teuer sind.

[0009] In Schaltelementen wird als Träger für Be-leuchtungen, Anzeigen oder mechanische Schalter oft eine kostengünstige Leiterplatte verwendet. Das Vorhandensein einer solchen Leiterplatte begünstigt den Einsatz der vorliegenden Erfindung. Als kosten-günstige Möglichkeit ist das in der älteren Anmeldung gemäß DE 101 25 278 verwendete Wirkungsprinzip der induktiven Kopplung zweier auf der Leiterplatte aufgebrachter Sensorspulen und deren Bedämpfung durch einen leitfähigen Betätiger vorangemeldet. Da-bi korreliert die Bedämpfungsstärke mit der Position des Betäters relativ zu den Sensoren. Nachteilig an dieser Technologie kann sich auswirken, daß die Sensoren in der praktischen Ausführung eine Mindestgröße von ca. 10 mm × 10 mm auf der Leiterplat-te haben müssen, damit eine annehmbare Kopplung erreicht werden kann und damit die Aufbereitungselektronik einfach und kosteneffektiv gestaltet werden kann. Bei den derzeit kostengünstig produzierbaren Leiterplatten wird eine örtliche Auflösung von 0,12 mm erreicht, d.h. die Leiterbreite der Sensorwicklun-gen kann maximal 0,12 mm betragen ebenso wie die Isolierbreite zwischen den Wicklungen. Dadurch be-dingt kann die Sendespule wie auch die Empfangs-spule der Sensoren nur ca. 5 Windungen aufweisen.

**Aufgabenstellung**

[0010] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, die Induktivität einer Sensorspule durch einen über die Spule gebrachten Betätiger zu beeinflussen und die- se Induktivität in einfacher Weise auszuwerten. Die Induktivität einer Spule ändert sich erheblich durch ein leitfähiges Betätigungs-element, das gemäß dem unabhängigen Anspruch 1 einen veränderlichen Ab-stand zu der Sensorspule und/oder eine veränderliche Überdeckung der Sensorspule aufweist. Die Auf-gabe wird durch eine induktive Sensoreinheit mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 gelöst. Zweckmäßige

Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0011] Eine ungedämpfte Sensorspule mit dem Außenmaß 10 mm × 10 mm, die auf der Leiterplatte wie eine rechteckige Spirale von innen nach außen gewickelt ist, weist bei der auf der Leiterplatte erzielbaren Auflösung 10 Windungen und eine Induktivität von ca. 1  $\mu$ H auf.

[0012] Zwar ist es aus der Druckschrift GB 1 415 644 bekannt, die Impedanz einer Spiralstruktur als Sensor zu verwenden, jedoch ist die bekannte Spiralstruktur bifilar gewickelt, um die ohmsche Komponente der Spiralimpedanz auszunutzen und um die induktive Komponente der Spiralimpedanz auszuschalten. Im Unterschied dazu ist die Sensorspule gemäß der Erfindung monofilar gewickelt, wie sich aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung anhand der Figuren ergibt.

#### Ausführungsbeispiel

[0013] **Fig. 1** zeigt die planare Ausführung einer Sensorschleife auf einer Leiterplatte zusammen mit dem elektrotechnisch äquivalenten Symbol.

[0014] **Fig. 2** zeigt ein funktionelles Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Sensors mit einem LC-Schwingkreis als Auswerteschaltung.

[0015] **Fig. 3** zeigt ein funktionelles Blockschaltbild mit einem LC-Schwingkreis und mit zwei Sensoren zur Detektion eines Verschiebewegs y.

[0016] **Fig. 4** zeigt eine typische Kennlinie für die Schwingfrequenz mit einem ersten Sensor L1 gemäß **Fig. 3** und einem zweiten Sensor L2 gemäß **Fig. 3** als Funktion des Verschiebeweges y.

[0017] **Fig. 5** zeigt eine Schaltkulisse für ein Kraftfahrzeug mit einem Automatikwählhebel, der an eine Sensoreinheit gemäß **Fig. 3** angeschlossen ist.

[0018] **Fig. 6** zeigt das Schema einer Leiterplatte mit mehreren Sensoreinheiten für die Schaltkulisseneinheit gemäß **Fig. 5**.

[0019] **Fig. 7** zeigt das Blockschaltbild einer elektronischen Einheit, wenn mehrere induktive Sensoren kombiniert werden.

[0020] **Fig. 8** zeigt die Amplituden der Sensorsignale der verschiedenen Schalteinheiten bei Schaltvorgängen des Automatikwählhebels von der Position 1 bis zur Position 4.

[0021] **Fig. 9** zeigt ein ähnliches Schema einer Leiterplatte wie in **Fig. 6**, jedoch mit einer redundanten Schalteinheit.

[0022] Gemäß **Fig. 1** ist eine Sensorspule planar auf einer Leiterplatte aufgebracht. Der Anschluß im Mittelpunkt der Spirale ist beispielsweise auf der Rückseite der Leiterplatte herausgeführt. Deckt man den Sensor gemäß **Fig. 1** mit einem leitfähigen Betätigern im Abstand x von beispielsweise  $x = 0,05$  mm ab, so verringert sich die Induktivität von beispielsweise ca. 1  $\mu$ H auf beispielsweise ca. 0,2  $\mu$ H.

[0023] Die Verringerung der Induktion durch den Betätigern B ist vom Abstand x des Betätigerns B zur

Sensorschleife abhängig; sie ist aber auch vom Überdeckungsgrad der Sensorschleife durch das Betätigerelement abhängig. Überdeckt der Betätigern die gesamte Fläche der Schleife in einem konstanten Abstand x, so wird die Amplitude der Sensorspannung bei dem Überdeckungsgrad von 100% minimal, wobei die Größe der minimalen Sensorspannung von dem Abstand x abhängt.

[0024] Damit sind für den Schalter zwei Schaltmechanismen möglich:

- Der Überdeckungsgrad G wird auf einer definierten Größe gehalten, und der Abstand x zwischen dem Betätigerelement B und der Sensorschleife wird variiert (wie es z.B. in **Fig. 2** dargestellt ist), oder
- der Abstand x wird konstant gehalten, und der Überdeckungsgrad G wird verändert (wie es z.B. in **Fig. 3** dargestellt ist).
- Auch eine Kombination der beiden Schaltmechanismen ist möglich.

[0025] Als kostengünstige Auswerteelektronik hingänglich bekannt ist ein LC-Schwingkreis, bestehend aus einer Sensorinduktivität L, einer Festkapazität C und einem invertierenden Verstärker A, in dessen Rückkopplungszweig der LC-Schwingkreis eingebaut ist. Eine derartige Schaltung ist in **Fig. 2** als Blockschaltbild dargestellt. Die Frequenz des Schwingkreises wird durch die Resonanzfrequenz des LC-Gliedes bestimmt nach der Formel:

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \times \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

[0026] Ein nachgeschalteter Frequenzzähler FC bestimmt gemäß **Fig. 3** die Schwingungen pro Zeiteinheit und gibt sie als Signalwert aus. Für eine einfache Schaltfunktion genügt es, mittels eines Komparators den aktuellen Frequenzwert mit einem Schwellwert zu vergleichen und damit die Schaltfunktion auszulösen. In einem gewöhnlichen Fall wird das Schaltsignal auf „1“ gesetzt, wenn die Frequenz höher ist als eine eingestellte Grenzfrequenz, was einer geringeren Induktivität durch eine höhere Bedämpfung entspricht. Bei einer geringeren Frequenz gibt der Komparator eine „0“ aus. Über einen nachgeschalteten Hoch-Niedrig-Schalter oder ein Relais R können dann hohe Leistungen geschaltet werden. Die Funktionen Frequenzzähler und Komparator können aber auch als sogenannte Firmware in einem Mikrocontroller realisiert werden.

[0027] Damit kann auf einfache Weise ein verschleißfreier Tastschalter in einer Bedieneinheit des Automobils realisiert werden. Das Bedämpfungselement wird gemäß **Fig. 2** durch Druck auf eine Taste an den Sensor angenähert und dort mittels eines Verriegelungsmechanismus gehalten. Erst bei erneutem Druck auf den Tastenknopf wird die Verriegelung aufgehoben, und der Betätigern wird in seine Ruheposition in einem größeren Abstand zum Sensor gebracht

(Kugelschreiberverriegelungsprinzip). So lassen sich auf einfache und kostengünstige Weise Schalttaster wie etwa der Schalter für Warnblinker, Nebelleuchten, Heckscheibenheizung usw. realisieren.

[0028] In Applikationen, in denen sehr genaue Schaltpunkte erforderlich sind, sind oft die Temperatureinflüsse auf Verstärker, Kapazitäten, Komparatoren usw. problematisch. In temperaturstabilen Applikationen kann man diese Einflüsse umgehen, indem man zwei Sensoren nebeneinander auf einer Leiterplatte aufgingt und beide wechselseitig in den Schwingkreis einschaltet (vgl. **Fig. 3**). Das Zuschalten der Induktivität L1 oder L2 geschieht durch einen Schalttransistor oder Feldeffekttransistor oder MOSFET oder einen Analogmultiplexer AMUX. Wendet man eine relative Auswertung an, indem man als Schaltkriterium das Frequenzverhältnis der ersten Sensorfrequenz zur zweiten Sensorfrequenz verwendet, so fallen die Störeinflüsse heraus. Die Schaltung ist sehr temperaturstabil.

[0029] Diese Schaltungsart erweist sich auch bei Applikationen als vorteilhaft, bei denen die Position y des Betäters relativ zu den Sensorpositionen detektiert wird, während der Abstand x des Betäters zum Sensor mehr oder weniger konstant gehalten wird (wie z.B. bei Weg-Winkel-Sensoren). Auch hier findet gemäß **Fig. 3** eine relative Auswertung statt, die am besten, jedoch nicht ausschließlich, durch einen Mikrocontroller  $\mu$ C erfolgen kann.

[0030] **Fig. 4** zeigt zwei typische Kennlinien der normierten Resonanzfrequenz als Funktion des Verschiebewegs y. In dem Verschieberegion zwischen den Maxima der Kennlinien L1 und L2 kann der Mikrocontroller  $\mu$ C eine exakte Positionserkennung vornehmen. In weiteren praktischen Anwendungsfällen können noch mehr Sensoren zur Erkennung der Betätersposition verwendet werden.

[0031] Sind in einem Anwendungsfall, wie er in **Fig. 5** als Schaltkulisse für ein Kraftfahrzeug dargestellt ist, mehrere Positionen zu detektieren, so ist es zweckmäßig, mehrere induktive Sensoren als Funktionseinheit zu kombinieren. Am Beispiel der Umsetzung der Positionserkennung eines Automatikwählhebels sieht das wie folgt aus:

[0032] Unter der Blende wird eine Leiterplatte wie in **Fig. 5** positioniert, auf deren Oberseite z.B. die Hinterleuchtung der Blendenanzeigen 1, 2, ... P montiert werden kann. Mit dem Automatikwählhebel AW (siehe **Fig. 6**), der durch einen Ausbruch in der Leiterplatte taucht, ist ein Betäterschlitten BS verbunden, der auf der Unterseite der Leiterplatte LP plan aufliegt und auf dem ein Betäter oder mehrere Betäter (in **Fig. 6** z.B. die Betäterflächen BF1 und BF2) angebracht sind. Die Betäterflächen werden in einem definierten Abstand über die verschiedenen Sensorseinheiten SE geschoben.

[0033] Bei der Kombination mehrerer induktiver Schalter stellt sich das Blockschaltbild wie in **Fig. 7** dar. Die zugehörigen Amplituden der Sensorsignale bei Schaltvorgängen des Automatikwählhebels sind

in **Fig. 8** für die Positionen 1, 2, 3 und 4 zu erkennen, wobei die normierte Schwingkreisfrequenz über dem Verschiebeweg P1-P4 für die Sensoren L1-L4 aufgetragen ist. Die jeweiligen Umschaltschwellen P1-P2, P2-P3 und P3-P4 sind eingetragen.

[0034] Auch eine sehr redundante und damit sichere Positionserkennung ist ohne großen Zusatzaufwand zu realisieren, wie z.B. in **Fig. 9** dargestellt. Es wird vorgeschlagen, statt einer Sensoreinheit pro Position zwei Sensoreinheiten pro Position aufzubauen und die Signale zu vergleichen. Bei widersprüchlichen Ergebnissen wird die Auswerteeinheit die Schaltfunktion so ausführen, daß das gesamte System in einem sicheren Zustand gebracht wird. Die Leiterplatte kann dazu beispielsweise mit Sicherheitssensoreinheiten SSE gemäß **Fig. 9** erweitert werden.

[0035] Die Auswerteeinheit für das Sensormodul wird in der Regel ein Mikrocontroller sein, der über eine Schnittstelle (CAN, LIN, etc.) die Schaltinformationen an die Steuerelektronik bzw. Leistungselektronik weitergibt.

[0036] Vorzugsweise erfolgt die Signalauswertung insbesondere bei mehreren Sensorspulen über einen Multiplexer.

## Patentansprüche

1. Induktive Sensoreinheit, insbesondere für eine Positionsschaltvorrichtung, mit mindestens zwei Sensorspulen, die nebeneinander planar auf einer Leiterplatte aufgebracht sind, und mit einem leitfähigen Betätigungsselement zur Änderung der Induktivitäten der Sensorspulen, dessen Abstand zu den Sensorspulen und/oder dessen Überdeckung der Sensorspulen bei Betätigung der induktiven Sensoreinheit veränderbar sind.
2. Induktive Sensoreinheit nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine relative Auswertung der Beeinflussung von benachbart liegenden Sensorspulen mittels des beweglichen Betätigungslieds.
3. Induktive Sensoreinheit nach Anspruch 1, dass die Signalauswertung der Sensorspulen über einen Multiplexer erfolgt.
4. Induktive Sensoreinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch einen Einbau der induktiven Sensorspulen in einen LC-Schwingkreis.
5. Induktive Sensoreinheit nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch eine Auswertung der Resonanzfrequenz des LC-Schwingkreises, in welche die veränderliche Induktivität eingeht.
6. Induktive Sensoreinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch die Einprägung eines Wechselstroms (I) konstanter Amplitude

DE 102 42 385 A1 2004.04.01

und konstanter Frequenz (f) in die Sensorspule und  
Messung der Spannungsamplitude (U) der Sensor-  
spulen.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

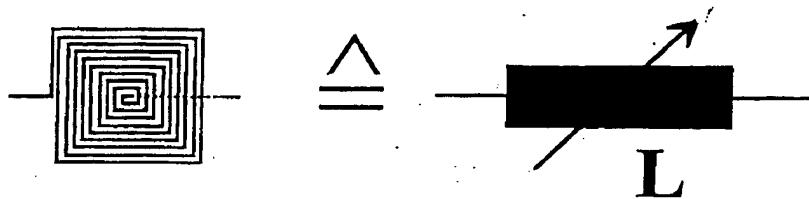


Fig. 1

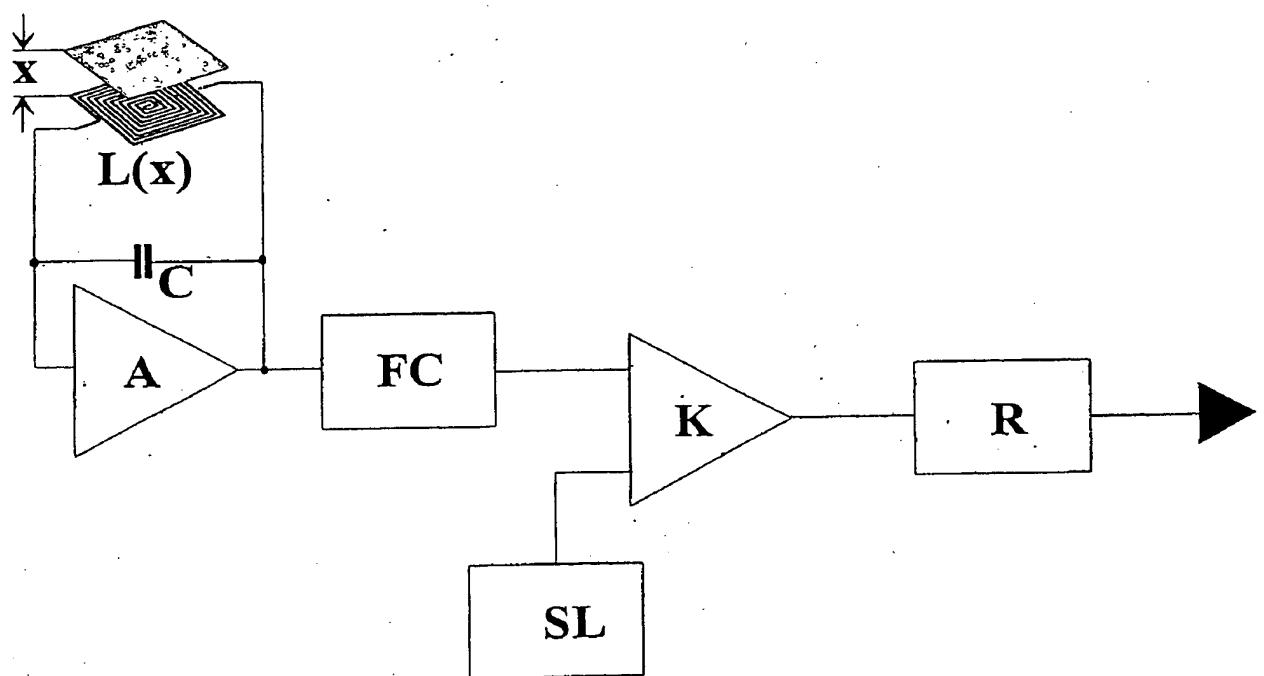


Fig. 2

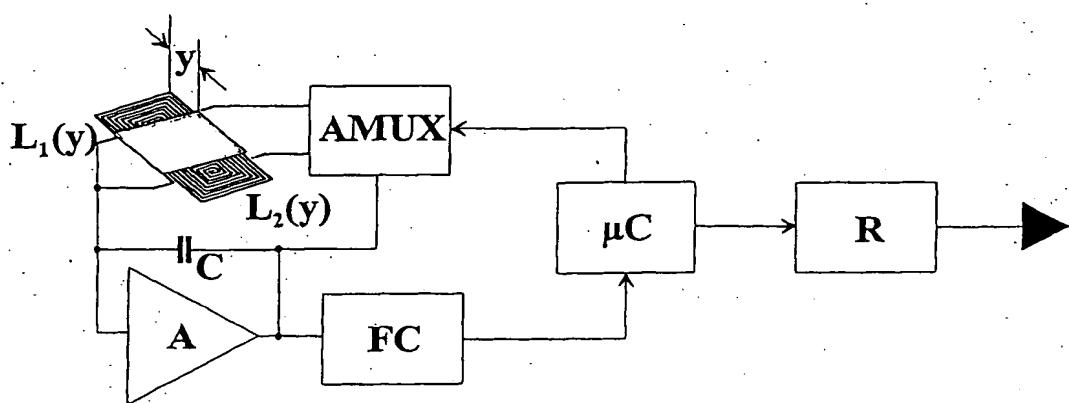


Fig. 3

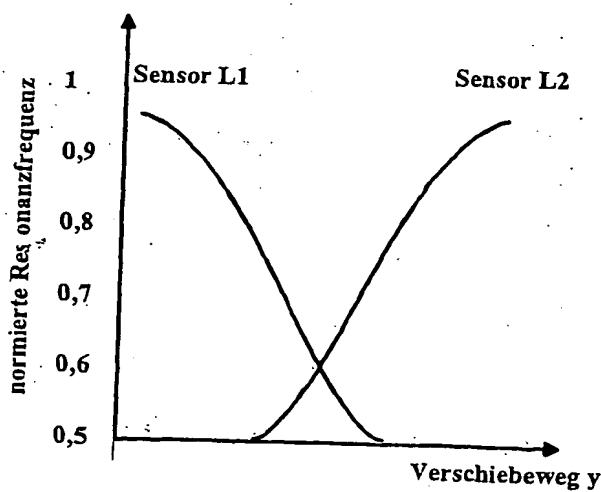


Fig. 4

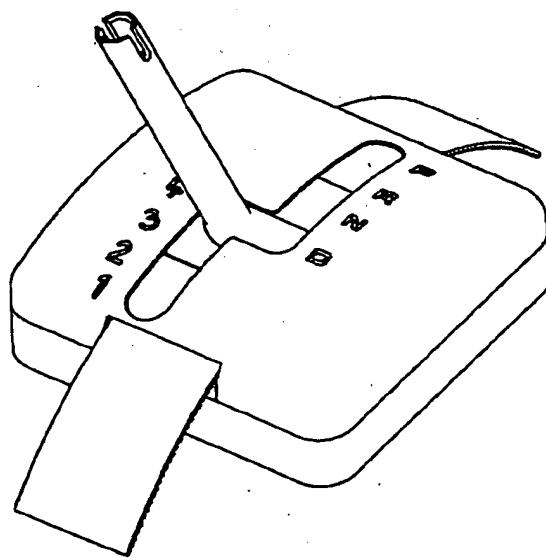


Fig. 5

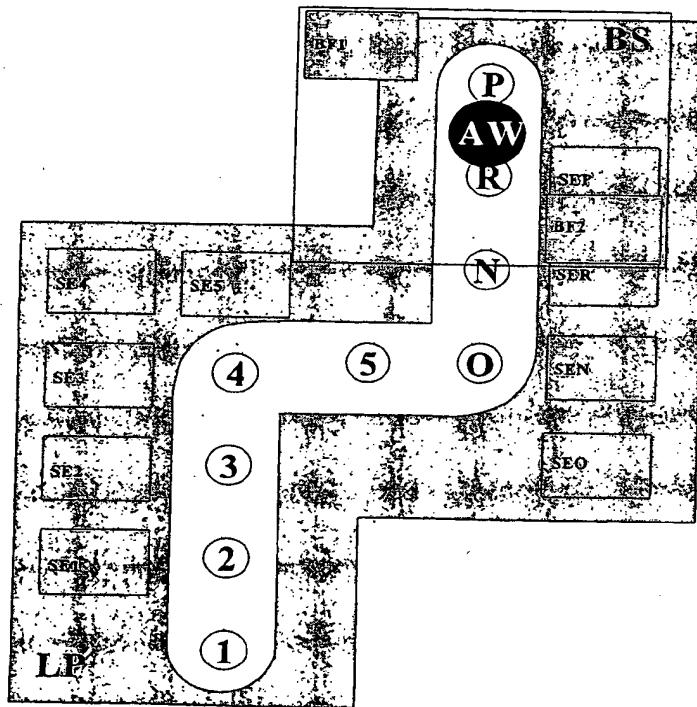


Fig. 6

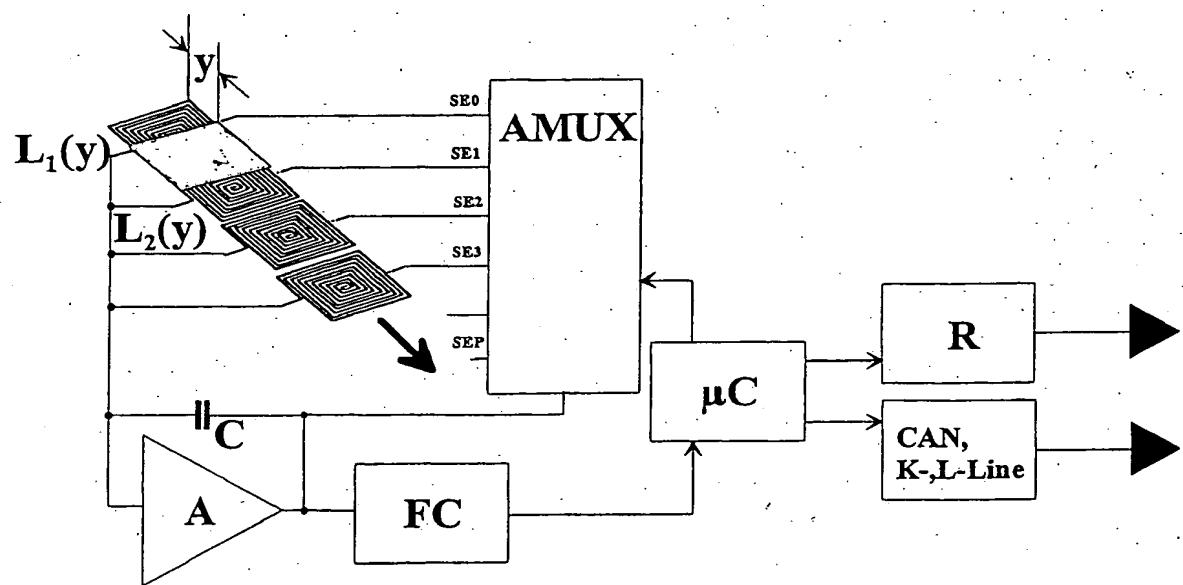


Fig. 7

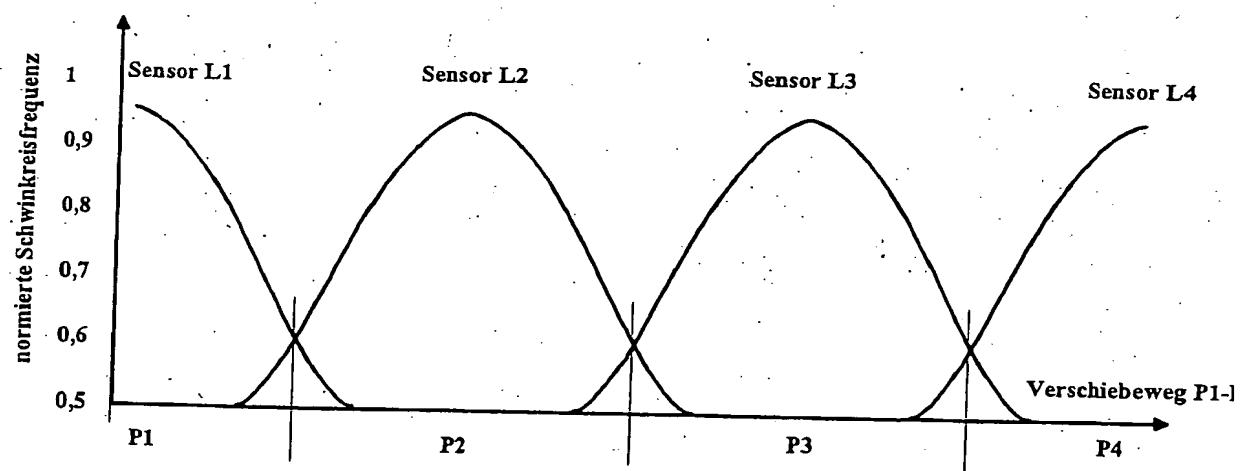


Fig. 8

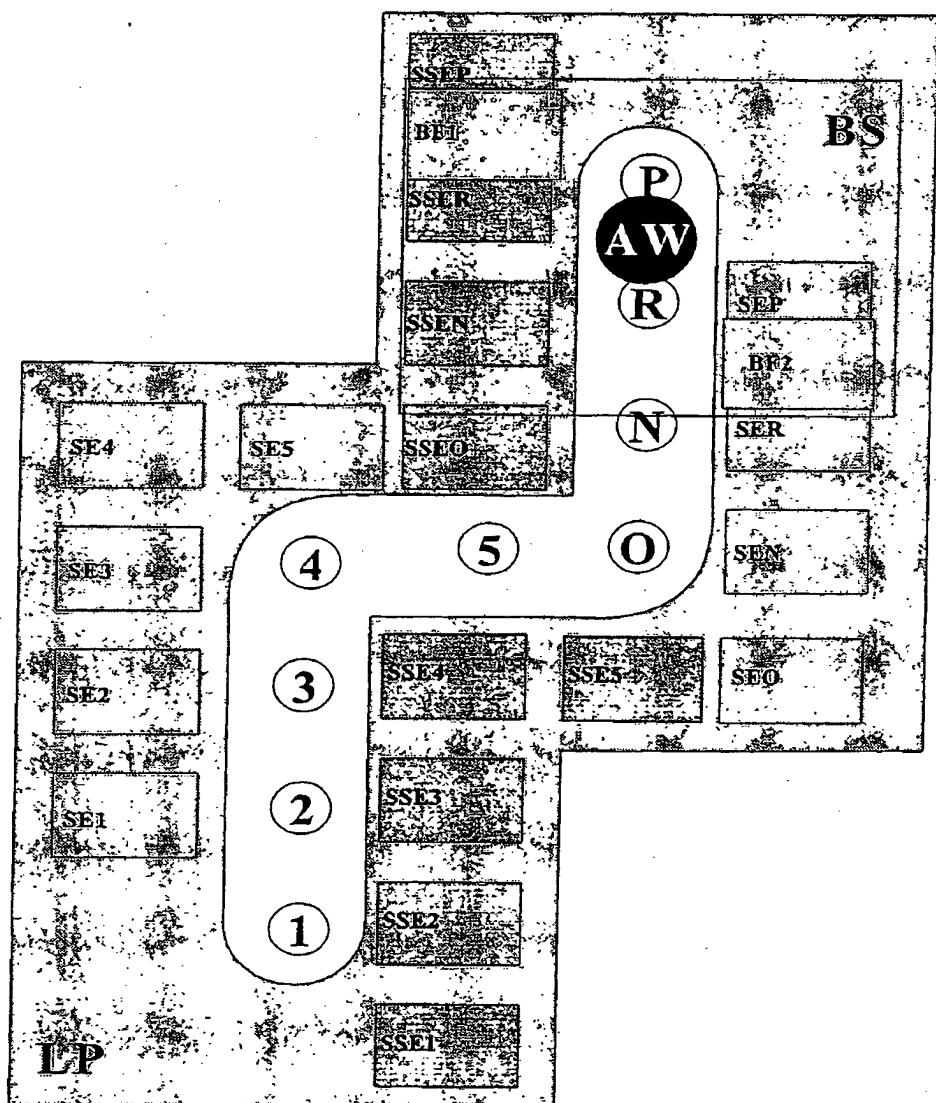


Fig. 9